

(2)  
①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 30 19 743 A 1

⑤① Int. Cl. 3:  
G 05 D 3/12  
G 01 C 21/18  
F 41 G 5/16

②① Aktenzeichen:  
②② Anmeldetag:  
④③ Offenlegungstag:

P 30 19 743.4-52  
23. 5. 80  
3. 12. 81 ✓

DE 30 19 743 A 1

⑦① Anmelder:

Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und  
Raumfahrt e.V., 5000 Köln, DE

⑦② Erfinder:

Stieler, Bernhard, Dr.-Ing., 3300 Braunschweig, DE

"Inertiale" Plattformen sind, obwohl Dichtungen (u. Regel)  
inbegriffen, so daß Roll-, Vordrücken u. dergl.  
gegenüber Plattformen möglich  
↑  
an Zielgeschwindigkeit.

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ System mit einer Plattform mit kardanischer Aufhängung als Geräteträger in Verbindung mit einem Fahrzeug und einem Inertialsystem

BEST AVAILABLE COPY

DE 30 19 743 A 1

Patentansprüche

1. System mit einer Plattform mit kardanischer Aufhängung als Träger für Geräte, die in einem bewegten Fahrzeug gedreht werden können und/oder auf einen außerhalb gelegenen Zielpunkt einzustellen und/oder ausgerichtet zu halten sind, wobei das Fahrzeug mit einem Inertialsystem zur Navigation und/oder Kurs-, Lageberechnung oder Kursberechnung versehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl das Signal der Plattform als auch die Signale des Inertialsystems in einem Rechnersystem gemeinsam verarbeitbar sind.
2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl auf der Plattform als auch auf dem Fahrzeug ein vollständiger Satz von Sensoren vorgesehen ist.
3. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Fahrzeug ein vollständiger Satz von Sensoren und auf der Plattform ein unvollständiger Satz von Sensoren vorgesehen ist.
4. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Plattform ein vollständiger Satz von Sensoren und auf dem Fahrzeug ein unvollständiger Satz von Sensoren vorgesehen ist.
5. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Plattform ein vollständiger Satz von Sensoren und auf dem Fahrzeug keine Sensoren vorgesehen sind.
6. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Fahrzeug ein vollständiger Satz von Sensoren und auf der Plattform keine Sensoren vorgesehen sind.
7. System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Sensor auf der Plattform als Sensor des Inertialsystems betreibbar ist.

3019743

8. System nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Plattform nach einem vorgegebenen Programm zur Ausmittlung von Sensorfehlern drehbar ist.
9. System nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß aus den Signalen der auf der Plattform angeordneten Sensoren und den Kardanwinkeln der Plattform Kurs und Lage des Fahrzeuges im Rechner bestimmbar sind.
10. System nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Plattform zur Zielmessung frei einstellbar ist.
11. System nach einem der Ansprüche 1 bis 5 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Plattform mit wenigstens einem auf ihr montierten Sensor auf ein außen liegendes Ziel stabilisierbar ist.
12. System nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der auf der Plattform angeordnete Sensor ein Drehgeschwindigkeits-sensor ist.
13. System nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Stabilisierungsregelkreis der Plattform bei vorgegebenem Ziel über die Winkelgeber an den Kardanachsen geschlossen ist.
14. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß redundante Signale im Rechner zusammengeführt sind.

3019743

Am Bürgerpark 8  
D 3300 Braunschweig, Germany  
Telefon 0531-74798  
Cable patmarks braunschweig

Deutsche Forschungs- und  
Versuchsanstalt für Luft-  
und Raumfahrt e. V.  
Linder Höhe

5000 Köln 90

System mit einer Plattform mit kardanischer Aufhängung als  
Geräteträger in Verbindung mit einem Fahrzeug und einem  
Inertialsystem

Die Erfindung bezieht sich auf ein System mit einer Plattform  
mit kardanischer Aufhängung als Träger für Geräte, die in ei-  
nem bewegten Fahrzeug gedreht werden können und/oder auf einen  
außerhalb gelegenen Zielpunkt einzustellen und/oder ausgerich-  
tet zu halten sind, wobei das Fahrzeug mit einem Inertialsystem  
zur Navigation und/oder Kurs-, Lageberechnung oder Kursberech-  
nung versehen ist.

Bei den auf der Plattform montierten Geräten kann es sich um  
Meßgeräte handeln, aber auch um Waffen. Mit Hilfe der Plattform  
und von Nachführsignalen sind diese Geräte auf das Ziel ausricht-  
bar und behalten ihre Richtung zu diesem Zielpunkt unabhängig  
von der Fahrzeugbewegung bei.

Aufgabe der Erfindung ist es, die Kombination der Plattform und  
des Inertialsystems für das Fahrzeug so auszubilden, daß gegen-

über der getrennten Verwendung einer kreiselstabilisierten Plattform mit Nachführsystem und eines Inertialsystems Sensoren eingesetzt werden können und/oder sich Vorteile hinsichtlich der Zuverlässigkeit und/oder Genauigkeit des Gesamtsystems ergeben.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß sowohl die Signale der Plattform als auch die Signale des Inertialsystems in einem Rechnersystem gemeinsam verarbeitbar sind.

Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen herausgestellt.

Die hier angesprochenen Inertialsysteme umfassen sowohl das Trägheitsnavigationssystem als auch das Kurs-, Lagereferenzsystem als auch einfache Kursreferenzsysteme. Entsprechend soll die Betriebsart "Navigation" umfassen die Kurs-, Lageberechnung als auch die einfache Kursberechnung.

Die Erfindung ist anhand von Zeichnungen in verschiedenen Ausführungsformen veranschaulicht.

Fig. 1 zeigt ein Fahrzeug mit einem kombinierten Inertialsystem, Zielvermessung- und Ziellinienstabilisierungssystem, im nachstehenden kurz KIZS genannt, in einer ersten Ausführungsform in der Betriebsart "Zielvermessung und Navigation". Die Sensoren des Inertialsystems sind auf der Plattform montiert.

Fig. 2 zeigt das KIZS aus Fig. 1 in der Betriebsart "Ziellinienstabilisierung und Navigation".

Fig. 3 zeigt ein Fahrzeug mit einem KIZS in einer zweiten Ausführungsform in der Betriebsart "Ziellinienstabilisierung und Navigation". Der Unterschied zu Fig. 2 liegt in der Ausbildung der Stabilisierungsregelschleife.

Fig. 4 zeigt ein Fahrzeug mit einem KIZS in einer dritten Ausführungsform in der Betriebsart "Zielvermessung und Navigation". Im Unterschied zu Fig. 1 ist nur ein Teil der Sensoren des Inertialsystems auf der Plattform montiert, der restliche Teil ist getrennt davon an dem Fahrzeug montiert.

Fig. 5 zeigt das KIZS aus Fig. 4 in der Betriebsart "Ziellinienstabilisierung und Navigation".

Fig. 6 zeigt ein Fahrzeug mit einem KIZS in einer vierten Ausführungsform in der Betriebsart "Ziellinienstabilisierung und Navigation". Der Unterschied zu Fig. 5 liegt in der Ausbildung der Stabilisierungsregelschleife.

Fig. 7 zeigt ein Fahrzeug mit einem KIZS in einer fünften Ausführungsform in der Betriebsart "Ziellinienstabilisierung und Navigation". Der Unterschied zu den Ausführungsformen in Fig. 1 bis 6 liegt darin, daß die Sensoren des Inertialsystems nicht auf der Zielvermessungs- und Ziellinienstabilisierungsplattform montiert sind und die Stabilisierungsregelschleife über die Winkelgeber der Plattform (z. B. Synchros) geschlossen wird.

Bei verschiedenen Ausführungsformen trägt ein Fahrzeug 2, das ein Land-, Luft- oder Wasserfahrzeug sein kann, und in der Zeichnung lediglich schematisch veranschaulicht ist, eine Plattform 4, die im Fahrzeug in bekannter Weise kardanisch aufgehängt ist, und z. B. um eine senkrechte Achse 6 und eine horizontale Achse (nicht eingezeichnet) über Servomotoren (z. B. 8 für Achse 6) antreibbar ist, wobei zwischen dem Fahrzeug und der Plattform ein Winkelgeber (z. B. Synchro) 10 montiert ist, mit dem der Winkel zwischen der Plattform und dem Fahrzeug bestimmbar ist. Zur Drehgeschwindigkeitsmessung und/oder Stabilisierung der Plattform sind in den ersten vier Ausführungsformen der Figuren 1 bis 6 auf der Plattform Kreisel 12 angeordnet. Die Plattform kann weiterhin ein zu stabilisierendes Gerät tragen, beispiels-

weise ein Fernrohr 14 und einen Entfernungsmesser oder eine Waffe 15.

In der Regel ist es ausreichend, wenn die Plattform 4 lediglich um die Vertikalachse 6 und eine Horizontalachse Drehfreiheit gegenüber dem Fahrzeug besitzt.

Die Plattform und das Fahrzeug sind mit weiteren Bestandteilen eines Inertialsystems versehen, wie beispielsweise mit Beschleunigungsmessern 16 und einem Rechner 18. Bei den Ausführungsformen nach den Fig. 1 bis 6 sind die die Plattform stabilisierenden Kreisel gleichzeitig als Sensoren für das Inertialsystem herangezogen. Inertialsysteme und die rechnerische Auswertung der Ausgangssignale der Sensoren in einem Navigationsrechner sind bekannte Technik, so daß im nachstehenden lediglich auf die durch die Erfindung begründeten Besonderheiten eingegangen zu werden braucht.

Es folgt nun eine Beschreibung der verschiedenen Ausführungsformen als Inertialsystem ausschließlich sowie als kombiniertes Inertialsystem und Zielvermessungssystem bzw. als kombiniertes Inertialsystem und Ziellinienstabilisierungssystem.

1. Das kombinierte Inertialsystem, Zielvermessungs- und Ziellinienstabilisierungssystem in der ersten Ausführungsform (KIZS 1, siehe Fig. 1 und 2)

Hierbei ist ein vollständiges Strapdown-System, d. h. ein Inertialsystem mit fest montierten Sensoren auf der Plattform montiert.

- 1.1 KIZS 1 als Inertialsystem ausschließlich, mit arretierten Kardanrahmen (siehe Fig. 1)

Bei dieser Betriebsart arbeitet das System wie ein übliches Strapdown-System, d. h. wie ein Inertialsystem mit fahrzeugfest montierten Sensoren, lediglich mit der Abweichung, daß der Rechner die Richtung der Plattform und nicht die Richtung des Fahr-

zeuges in bezug auf die Horizontale und die Nordrichtung ermittelt. Mit Hilfe der festliegenden Kardanwinkel, im folgenden als Vektor  $\vec{\theta}$  bezeichnet, kann die Fluglage und das Azimut des Fahrzeuges daraus in folgender Weise bestimmt werden: Lage des Fahrzeuges gegenüber Nord und dem Lot (Roll-, Nick- und Gierwinkel bzw. Transformationsmatrix  $\underline{C}_{nb}$ ) ergibt sich aus der relativen Lage des Fahrzeuges gegenüber der Plattform (Transformationsmatrix  $\underline{C}_{bp}$ ), die durch den Kardanwinkelvektor  $\vec{\theta}$  gegeben ist, zusätzlich der Richtung der Plattform in bezug auf Nord, Ost und Lot, für die die Werte im Rechner ermittelt werden (Transformationsmatrix  $\underline{C}_{np}$ ). Die Transformationsmatrix  $\underline{C}_{nb}$  berechnet sich aus:

$$\underline{C}_{nb} = \underline{C}_{np} \cdot \underline{C}_{bp}^T$$

Aus ihr sind Roll-, Nick- und Gierwinkel in bekannter Weise berechenbar.

Bei bekannter Transformationsmatrix  $\underline{C}_{nb}$  kann aus den im Rechner in bekannter Weise ermittelten Übergrundgeschwindigkeiten in Nord- und Ostrichtung auch die Übergrundgeschwindigkeit in fahrzeugfesten Bezugsrichtungen bestimmt werden:

$$\vec{V}_b = \underline{C}_{bn} \vec{V}_n \text{ (nicht eingezeichnet).}$$

Die Transformationsmatrix  $\underline{C}_{bp}$  zur Erfassung der Plattformstellung im Fahrzeug gestattet weiterhin, die plattformfest gemessene Fahrzeugdrehgeschwindigkeit und die Beschleunigung in flugzeugfeste Bezugssysteme zu transformieren durch folgende Matrix-Vektor-Multiplikation:

$$\vec{f}_b = \underline{C}_{bp} \vec{f}_p ; \vec{\omega}_b^{nb} = \underline{C}_{bp} \vec{\omega}_p^{nb}$$

(siehe Fig. 1).

Mit Hilfe der Kardanwinkel bzw. der Transformationsmatrix  $\underline{C}_{bp}$  können die Meßsignale der Sensoren auf der Plattform selbstverständlich auch zuerst in die fahrzeugfesten Bezugsachsen zerlegt werden, womit im Inertialsystem die Transformationsmatrix  $\underline{C}_{nb}$  zur Beschreibung des Kurses und der Lage des Fahrzeuges direkt berechnet werden kann.



## 1.2 KISZ 1 als Inertialsystem ausschließlich, mit rotierender Plattform (siehe Fig. 1)

Bei dieser Betriebsart wird die Plattform in ständiger Drehbewegung gehalten, wodurch die Genauigkeit des Inertialsystems erhöht werden kann, da sich dabei Sensorfehler ausmitteln.

Die Drehbewegung der Plattform kann erzeugt werden durch direkte Beaufschlagung der Servomotoren der Plattform oder durch Eingabe eines Signals in den Stabilisierungsregelkreis, wie er z. B. in Abschnitt 1.4 und 2.4 beschrieben ist. Im erstgenannten Fall wird die Drehbewegung gegenüber dem Fahrzeug vorgegeben, und in den letztgenannten Fällen gegenüber dem Inertialraum bzw. der Erde.

Die Signale des Strapdown-Systems, die für die Führung des Fahrzeuges, beispielsweise die Führung eines Flugzeuges in flugzeugfesten Richtungen, von Bedeutung sind (Fluglage, Kurs, Übergrundgeschwindigkeit, Drehgeschwindigkeit und Beschleunigung), werden, wie oben unter 1.1 beschrieben, berechnet mit der Abwandlung, daß die Fahrzeugdrehgeschwindigkeit  $\vec{\omega}^{nb}$  gegenüber der Erde aus der Drehgeschwindigkeit  $\vec{\omega}^{np}$  des Fahrzeuges um die Plattformachse errechnet wird, d. h. aus dem Ausgangssignal  $\vec{\omega}^{ip}$  der Kreisel minus dem Rückführsignal  $\vec{\omega}^{in}$  aus dem Rechner und der zeitlichen Änderung der Kardanwinkel  $\vec{\theta}$ :

$$\vec{\omega}^{nb} = \vec{\omega}^{ip} - \vec{\omega}^{in} - \dot{\vec{\theta}} \quad \text{mit} \quad \vec{\omega}^{bp} = \dot{\vec{\theta}}.$$

## 1.3 KIZS 1 als kombiniertes Inertialsystem und Zielvermessungssystem (siehe Fig. 1)

Bei dieser Betriebsart ist die Plattform 4 z. B. frei drehbar und wird mit Hilfe eines Visiers 14 von Hand auf das Ziel ausgerichtet, und zwar ohne Eingriff in das Strapdown-System, das weiterhin die Fahrzeugposition und die relative Richtung der Plattform in bezug auf Nord und das Lot berechnet.

Mit Hilfe eines Entfernungsmeßgerätes 15, beispielsweise eines Laser-Entfernungsmessers, und unter Ausnutzung der bekannten

Plattformrichtung, kann die Position des Zieles in bezug auf das Fahrzeug, und mit Hilfe der bekannten Fahrzeugposition auch die absolute Position des Zieles bestimmt werden.

Die Signalverarbeitung im Rechner entspricht der unter Abschnitt 1.2 beschriebenen.

#### 1.4 KIZS 1 als kombiniertes Inertialsystem und Ziellinienstabilisierungssystem (siehe Fig. 2)

Bei dieser Betriebsart, die in Fig. 2 veranschaulicht ist, wird die Plattform um entsprechende Drehachsen auf "Plattformstabilisierung" geschaltet (siehe C in Fig. 2). Dabei führen die beteiligten Kreisel keine Drehgeschwindigkeitsmessung mehr aus, sondern sie halten die Plattform in einer raumfesten Richtung um die beiden Achsen. Die raumfeste Richtung der Plattform kann nur durch ein Nachführsignal auf die Kreisel-drehmomentengeber geändert werden. Kreisel mit Eingangachsen in Richtung nicht stabilisierter Plattformachsen messen in diesen Richtungen weiterhin die Drehgeschwindigkeit des Fahrzeuges.

Die Plattform ist in dieser Betriebsart nicht nach Nord, Ost und zum Lot ausgerichtet, sondern z. B. auf das Zielobjekt. Die Erhaltung der Ausrichtung auf das Zielobjekt wird durch ein manuelles oder rechnergesteuertes Signal bewerkstelligt, wie es in der Figur eingezeichnet ist. Für eine rechnergesteuerte Nachführung benötigt der Rechner lediglich die Ziel-Koordinaten, die nach dem in Abschnitt 1.2 beschriebenen Verfahren ermittelt werden können, und die Übergrundgeschwindigkeit aus dem Inertialsystem (siehe Fig. 2) bzw. externen Messungen. Dieses Nachführsignal wird gleichzeitig sowohl den Kreisel-Drehmomentengebern zur Plattformnachführung als auch dem Rechner zur Berechnung der Richtung (Transformationsmatrix  $C_{np}$ ) zwischen Plattform und der für die Navigation erforderlichen Richtung Nord, Ost und Lot zugeführt. Für die Weiterführung der Navigation in dieser Betriebsart ist es lediglich erforderlich, daß das in die Kreisel und in den Rechner eingespeiste Signal mit hoher Geschwindigkeit übereinstimmen, damit

beim Aufintegrieren der Richtungsänderung in bezug auf Nord, Ost und das Lot zwischen Plattform und Rechner kein Genauigkeitsverlust auftritt.

Eine vollautomatische Stabilisierung der Plattform auf ein stationäres Ziel ist möglich, wenn, wie schon angedeutet, dessen Position relativ zum Fahrzeug bekannt ist. Diese Position kann nach dem in Abschnitt 1.2 beschriebenen Verfahren vermessen und in den Rechner eingegeben werden. Da im Rechner die Bewegung des Fahrzeuges gegenüber der Zielposition aus den Trägheitsnavigationsdaten errechenbar ist, ist auch das für die Ziellinienstabilisierung notwendige Nachführsignal im Rechner bestimmbar. Bei bewegten Zielen ist eine zusätzliche manuelle Nachführung erforderlich, die ihrerseits wiederum zur Ermittlung der Bewegungsrichtung des Zieles im Rechner herangezogen werden kann. Ist die Bewegungsrichtung bekannt, läßt sich die Plattformnachführung vollautomatisch auch bei bewegtem Ziel durchführen.

Zur Berechnung der Roll-, Nick- und Gierdrehgeschwindigkeit des Fahrzeuges werden die Drehbewegungen um die stabilisierten Plattformachsen herangezogen, und zwar das Nachführsignal  $\vec{\omega}_{\text{soll}}^{\text{ip}}$  der Kreisel und die zeitliche Änderung der Kardanwinkel  $\vec{\omega}_{\text{bp}}^{\text{ip}} = \dot{\theta}$ , weiterhin die Drehbewegung  $\vec{\omega}^{\text{ib}'}$  um die nicht stabilisierte Plattformachse bzw. -achsen, die von entsprechenden Kreiseln direkt gemessen werden, als auch das Rückführsignal  $\vec{\omega}^{\text{in}}$  aus dem Rechner. Um die stabilisierten Plattformachsen ist die Drehbewegung des Fahrzeuges gegenüber dem Inertialraum

$$\vec{\omega}_1^{\text{ib}''} = \vec{\omega}_{\text{soll}}^{\text{ip}} - \vec{\omega}_{\text{bp}}^{\text{ip}}.$$

Zusammen mit der gemessenen Drehbewegung  $\vec{\omega}^{\text{ib}'}$  und dem Rückführsignal  $\vec{\omega}^{\text{in}}$  aus dem Rechner ergibt sich der Vektor der Roll-, Nick- und Gierdrehgeschwindigkeit zu:

$$\vec{\omega}^{\text{nb}} = \vec{\omega}^{\text{ib}'} + \vec{\omega}_1^{\text{ib}''} - \vec{\omega}^{\text{in}} = \vec{\omega}^{\text{ib}} - \vec{\omega}^{\text{in}}.$$

Hierbei bleiben erforderliche Vektor-Transformationen zwischen Plattformachsen und Fahrzeugachsen unerwähnt, sie können mit Hilfe der Kardanwinkel der Plattform vorgenommen werden.

2. Das kombinierte Inertialsystem, Zielvermessungs- und Ziellinienstabilisierungssystem in der zweiten Ausführungsform (KIZS 2, siehe Fig. 3)

Die Anordnung der Sensoren unterscheidet sich hierbei nicht von der in Abschnitt 1 beschriebenen; lediglich die Signalverarbeitung ist unterschiedlich in der Betriebsart "Ziellinienstabilisierung".

2.1 KIZS 2 als Inertialsystem ausschließlich, mit arretierten Kardanrahmen

Das System unterscheidet sich hierbei nicht von dem in Abschnitt 1.1 beschriebenen.

2.2 KIZS 2 als Inertialsystem ausschließlich, mit rotierender Plattform

Das System unterscheidet sich hierbei nicht von dem in Abschnitt 1.2 beschriebenen.

2.3 KIZS 2 als kombiniertes Inertialsystem und Zielvermessungssystem

Das System unterscheidet sich hierbei nicht von dem in Abschnitt 1.3 beschriebenen.

2.4 KIZS 2 als kombiniertes Inertialsystem und Ziellinienstabilisierungssystem (siehe Fig. 3)

Im Vergleich zu Fig. 2 ist in Fig. 3 lediglich der Stabilisierungsregelkreis unterschiedlich ausgebildet. In Fig. 3 werden die Kreisel nicht als Stabilisierungssensoren verwendet, sondern ständig als Sensoren für die Plattform-Drehgeschwindigkeit  $\vec{\omega}^{1P}$  gegenüber dem Inertialraum (Zweig  $C_1$  in Fig. 3). Nach Abzug des Rückführsignals  $\vec{\omega}^{in}$  aus dem Rechner steht das Signal  $\vec{\omega}^{np}$  zur Berechnung der für die Navigation erforderlichen Richtung der Plattform in bezug auf Nord und das Lot zur Verfügung (Transformationsmatrix  $C_{np}$ ).

Das gleiche Drehgeschwindigkeitssignal  $\dot{\omega}_{np}$  wird im Rechner verglichen mit dem berechneten Signal  $\dot{\omega}_{soll}^{np}$  zur Nachführung der Plattform auf das Ziel (siehe  $C_2$  in Fig. 3). Die Ablage  $\dot{\omega}_{soll}^{np} - \dot{\omega}_{np}$  wird über eine Verstärkung auf die Servomotore zur Plattformnachführung gegeben (siehe  $C_3$  und  $C_4$  in Fig. 3). Da hierbei die Kreisel ihre Betriebsart nicht wechseln, erscheint diese Ausführungsform für viele Anwendungsfälle besonders geeignet.

3. Das kombinierte Inertialsystem, Zielvermessungs- und Ziellinienstabilisierungssystem in der dritten Ausführungsform (KIZS 3, siehe Fig. 4 und 5)

Bei dieser Ausführungsform können die nicht direkt an der Plattformstabilisierung beteiligten Sensoren des Inertialsystems fahrzeugfest montiert werden. In Fig. 4 und 5 sind beispielsweise die Beschleunigungsmesser 20 und der oder die Kreisel 22 fest auf dem Fahrzeug montiert, auf dem andererseits die stabilisierte Plattform 4 in der oben beschriebenen Weise angeordnet ist.

Die Plattform 4 ist hier z. B. lediglich mit einem Lagekreisel bzw. zwei Wendekreiseln 24 bestückt, die abhängig von der Betriebsart eine Stabilisierung um zwei Drehachsen der Plattform ermöglichen bzw. eine Drehgeschwindigkeitsmessung in diesen Achsen. Im folgenden wird zur Vereinfachung angenommen, daß nur ein Lagekreisel verwendet wird. Zu dem Gesamtsystem gehören weiter Rechner 18 des Inertialsystems zur Navigation und Nachführung.

In den vier Betriebsarten, die oben in bezug auf die ersten beiden Ausführungsformen beschrieben sind, kann der Kreisel auf der Plattform in allen Fällen als Sensor des Strapdown-Systems eingesetzt werden, wie im nachstehenden näher ausgeführt wird. Hierzu ist lediglich erforderlich, daß die Meßsignale des Kreisels, die Kardanwinkel und die Nachführsignale der Plattform dem Rechner zugeleitet werden. Ist das auf dem Fahrzeug direkt montierte Strapdown-System schon mit einer ausreichenden Anzahl von Sensoren versehen, so können die Sensoren auf der Plattform als redundante Sensoren des Inertialsystems verwendet werden.

### 3.1 KIZS 3 als Inertialsystem ausschließlich, mit arretierten Kardanrahmen (siehe Fig. 4)

Bei dieser Betriebsart wird der auf der Plattform angeordnete Kreisel 24 als Drehgeschwindigkeitssensor betrieben. Da durch die beiden Kardanwinkel die relative Lage des Kreisels zu den Sensoren des Strapdown-Systems bekannt ist, können die beiden Meßsignale des Kreisels in die Koordinatenachsen der Sensoren des Strapdown-Systems zerlegt werden. Sie stehen im Rechner dann als Information zur Ermittlung der Fahrzeugdrehgeschwindigkeit und des Kurses sowie der Lage zur Verfügung.

### 3.2 KIZS 3 als Inertialsystem ausschließlich, mit rotierender Plattform (siehe Fig. 4)

Bei dieser Betriebsart wird die Plattform in ständiger Drehbewegung gehalten, wodurch die Genauigkeit des Inertialsystems erhöht werden kann, da sich die Fehler des Sensors auf der Plattform ausmitteln.

Ist das auf dem Fahrzeug direkt montierte Strapdown-System schon mit einer ausreichenden Anzahl von Sensoren versehen, so kann in dieser Betriebsart ein Kreisel auf der Plattform sämtliche Kreisel des Strapdown-Systems überwachen.

Aus dem Meßvektor  $\vec{\omega}^{ip}$  der Kreisel auf der Plattform und dem Kardanwinkelvektor  $\vec{\theta}$  bzw. der daraus herzuleitenden Transformationsmatrix  $C_{bp}$  kann das für das Inertialsystem erforderliche Meßsignal berechnet werden.

Wie in Abschnitt 1.2 beschrieben, kann die Drehbewegung der Plattform durch direkte Beaufschlagung der Servomotore der Plattform oder durch Eingabe eines Signals in die Stabilisierungsregelkreise (siehe Abschnitt 3.4 und 4.4) erzeugt werden.

### 3.3 KIZS 3 als kombiniertes Inertialsystem und Zielvermessungssystem (siehe Fig. 4)

Bei dieser Betriebsart wird die Plattform, wie oben unter 1.3

beschrieben, auf das Ziel gerichtet und die Position des Zieles bestimmt. Beim Suchvorgang ist die Signalverarbeitung des Inertialsystems wie in Abschnitt 3.2 beschrieben.

#### 3.4 KIZS 3 als Inertialsystem und Ziellinienstabilisierungssystem (siehe Fig. 5)

Bei dieser Betriebsart, die in Fig. 5 veranschaulicht ist, wird die Plattform, wie oben beschrieben, auf das Ziel ausgerichtet und stabilisiert, d. h. der Kreisel auf der Plattform wird entsprechend Fig. 2 in die Betriebsart "Plattformstabilisierung" geschaltet. Die manuell oder rechnergesteuert eingegebenen Signale  $\vec{\omega}_{\text{soll}}^{\text{ip}}$  zur Plattformnachführung werden gleichzeitig dem Kreisel und dem Navigationsrechner zugeführt und zusammen mit dem Kardanwinkelvektor  $\vec{\theta}$  im Inertialsystem verarbeitet.

Die in Fig. 1 bis 6 dargestellten Ausführungsformen, bei denen die Plattform jeweils mit einer vollständigen bzw. mit Teilen einer inertialen Meßeinheit bestückt ist, wie sie üblicherweise für die Strapdown-Trägheitsnavigation eingesetzt werden, erbringt für die Kalibrierung der Sensoren einen großen Vorteil: Anders als beim Strapdown-System mit fahrzeugfest montierter Meßeinheit lassen sich bei stehendem Fahrzeug in den Ausführungsformen nach den Fig. 1 bis 6 die einzelnen Sensoren auf der Plattform in die für die Kalibrierung erforderlichen Stellungen in bezug auf die Erddrehung und die Erdanziehung bringen und kalibrieren. Auch die Auffindung der Nordrichtung erfolgt mit größerer Genauigkeit, wenn sie mehr als einmal um  $180^\circ$  versetzt (auf "Umschlag") vorgenommen werden kann.

#### 4. Das kombinierte Inertialsystem, Zielvermessungs- und Ziellinienstabilisierungssystem in der vierten Ausführungsform (KIZS 4, siehe Fig. 6)

Die Signalanordnung unterscheidet sich hierbei nicht von der in Abschnitt 3 beschriebenen; lediglich die Signalverarbeitung ist

unterschiedlich in der Betriebsart "Ziellinienstabilisierung".

4.1 KIZS 4 als Inertialsystem ausschließlich, mit arretierten Kardanrahmen

Das System unterscheidet sich hierbei nicht von dem in Abschnitt 3.1 beschriebenen.

4.2 KIZS 4 als Inertialsystem ausschließlich, mit rotierender Plattform

Das System unterscheidet sich hierbei nicht von dem in Abschnitt 3.2 beschriebenen.

4.3 KIZS 4 als kombiniertes Inertialsystem und Zielvermessungssystem

Das System unterscheidet sich hierbei nicht von dem in Abschnitt 3.3 beschriebenen.

4.4 KIZS 4 als kombiniertes Inertialsystem und Ziellinienstabilisierungssystem (siehe Fig. 6)

Im Vergleich zu Fig. 5 ist in Fig. 6 lediglich der Stabilisierungsregelkreis unterschiedlich ausgebildet. Ähnlich wie in Fig. 3 werden der oder die auf der Plattform montierten Kreisel nicht als Stabilisierungssensoren verwendet, sondern ständig als Sensoren für die Plattform-Drehgeschwindigkeit  $\vec{\omega}^{ip}$  gegenüber dem Inertialraum. Dessen Differenz zur berechneten Plattform-Drehgeschwindigkeit  $\vec{\omega}_{soll}^{ip}$  dient zur Plattform-Stabilisierung auf das Ziel hin. Die Signalverarbeitung im Inertialsystem erfolgt wie in Abschnitt 3.2 beschrieben.

5. Das kombinierte Inertialsystem, Zielvermessungs- und Ziellinienstabilisierungssystem in der fünften Ausführungsform (KIZS 5, siehe Fig. 7)

In dieser Ausführungsform wird der Stabilisierungsregelkreis der



Zielmessungs- und Ziellinienstabilisierungsplattform über die Winkelgeber an den Kardanachsen geschlossen. Das Inertialsystem (Plattform- oder Strapdown-System) ist davon getrennt im Fahrzeug montiert.

Somit ergibt sich auf diesem Wege auch die Möglichkeit, in der oben genannten vierten Ausführungsform auf diese Art der Stabilisierung umzuschalten, wenn der oder die Kreisel auf der Plattform als redundante Sensoren eingesetzt waren und ausgefallen sind.

#### 5.1 KIZS 5 als Inertialsystem ausschließlich

Das von der Zielvermessungs- und Ziellinienstabilisierungsplattform getrennt montierte Inertialsystem arbeitet in der üblichen Weise.

#### 5.2 KIZS 5 als kombiniertes Inertialsystem und Zielvermessungssystem (siehe Fig. 7)

Zur Zielvermessung in geographischen Koordinaten ist neben der Position des Fahrzeugs (z. B. berechnet im Inertialsystem) und der Entfernung des Zieles vom Fahrzeug (z. B. gemessen vom Laserentfernungsmesser) die Richtung des Zieles in bezug auf die Nordrichtung und das Lot erforderlich (Transformationsmatrix  $\underline{C}_{np}$ ). Diese berechnet sich aus dem Kurs und der Lage des Fahrzeugs (Transformationsmatrix  $\underline{C}_{nb}$ ) sowie dem Kardanwinkelvektor  $\vec{\theta}$  bzw. der Transformationsmatrix  $\underline{C}_{bp}$  nach der Beziehung

$$\underline{C}_{np} = \underline{C}_{nb} \underline{C}_{pb}^T$$

#### 5.3 KIZS 5 als kombiniertes Inertialsystem und Ziellinienstabilisierungssystem (siehe Fig. 7)

Im Unterschied zu den vier erstgenannten Ausführungsformen erfolgt die Plattformstabilisierung ohne die Zuhilfenahme von Kreiseln auf der Plattform, sondern lediglich über die Winkelgeber an den Kardanachsen. Die tatsächliche Plattformstellung gegenüber dem Ziel in bezug auf Nord und dem Lot (Transformationsmatrix  $\underline{C}_{np}$ )

berechnet sich ja aus der Stellung der Plattform gegenüber dem Fahrzeug (Transformationsmatrix  $\underline{C}_{nb}$  aus dem Inertialsystem) entsprechend

$$\underline{C}_{np} = \underline{C}_{nb} \underline{C}_{pb}^T$$

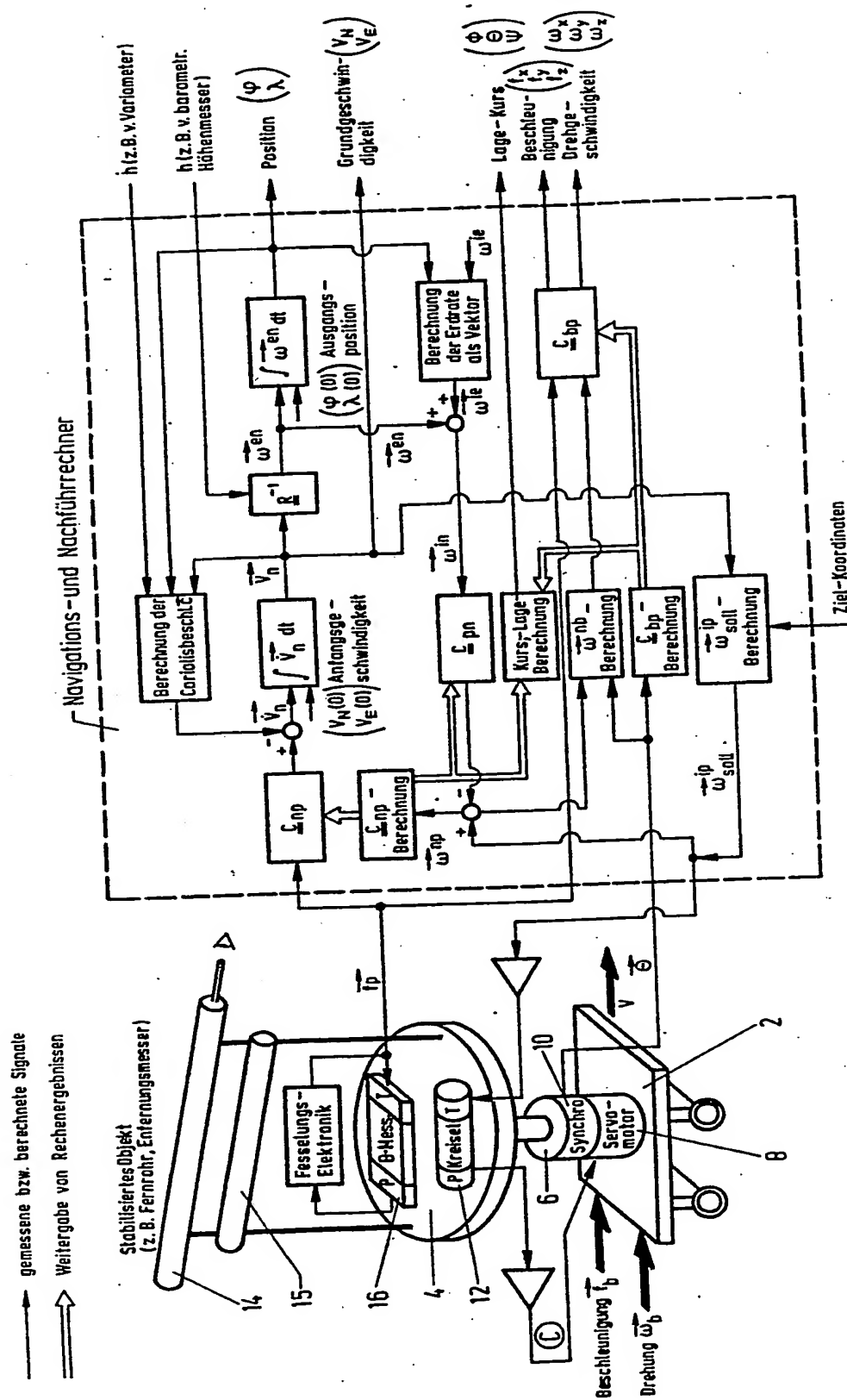
Die erforderliche Plattformstellung (Transformationsmatrix  $\underline{C}_{np}$  soll) läßt sich aus den Ziel-Koordinaten, dem Kurs und der Position des Fahrzeugs berechnen. Aus der Differenz  $\underline{C}_{np} - \underline{C}_{np}$  soll kann das erforderliche Signal  $\vec{\omega}^t$  zur Nachführung der Plattform berechnet und den Servomotoren der Plattform zugeführt werden.

- 18 -  
Leerseite



3019743

Fig. 2



3019743

→ gemessene bzw. berechnete Signale  
 ⇨ Weitergabe von Rechenergebnissen

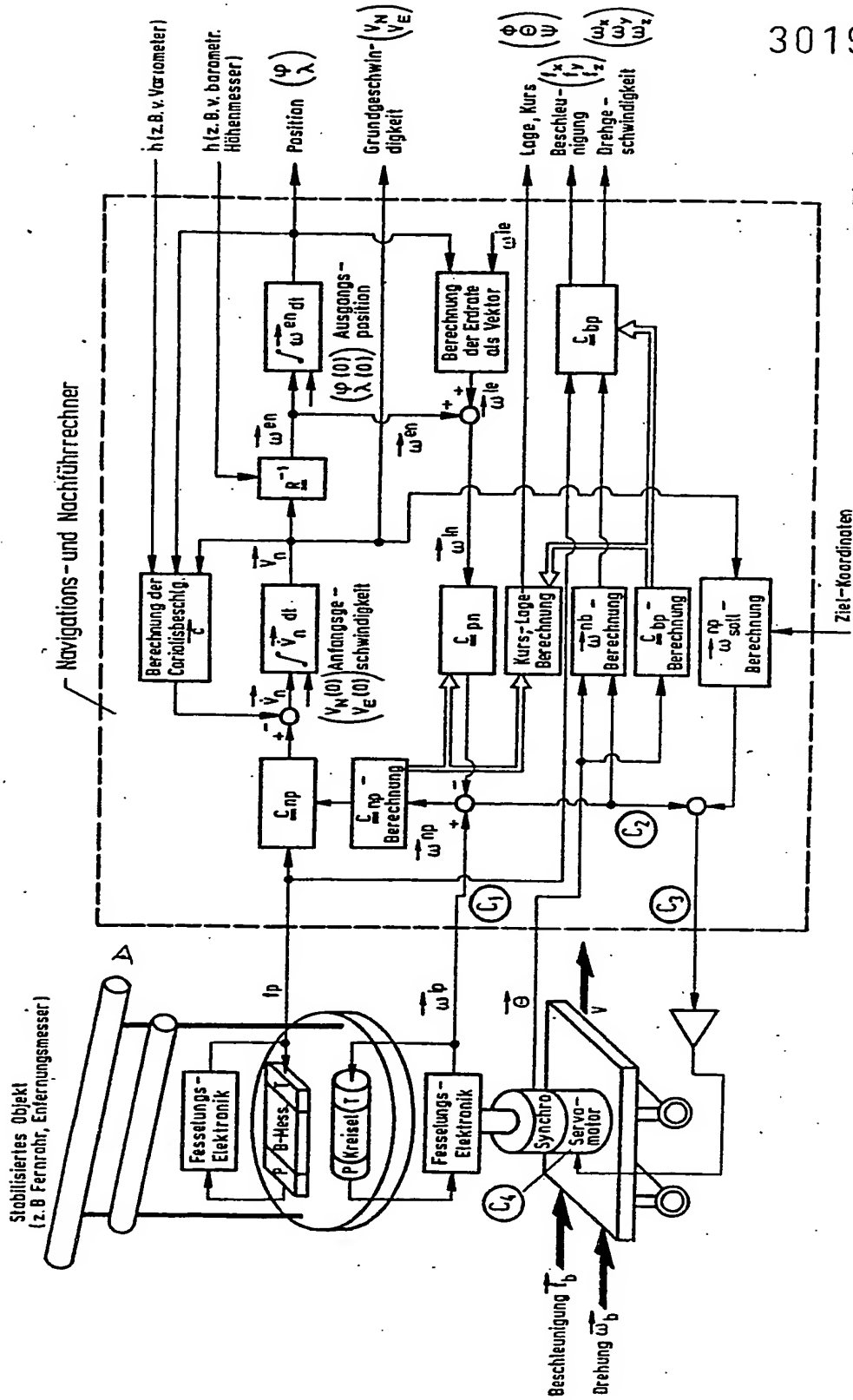
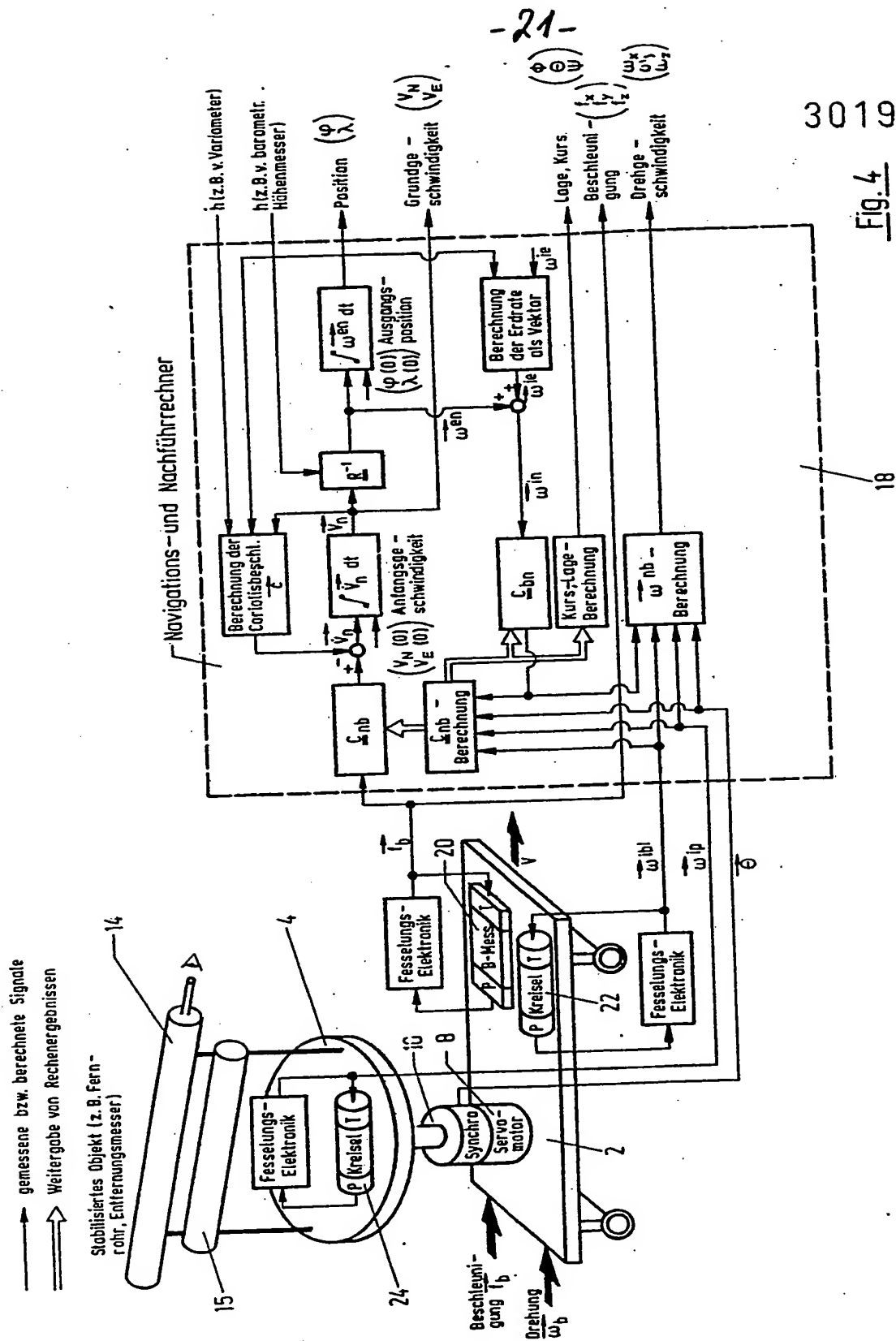
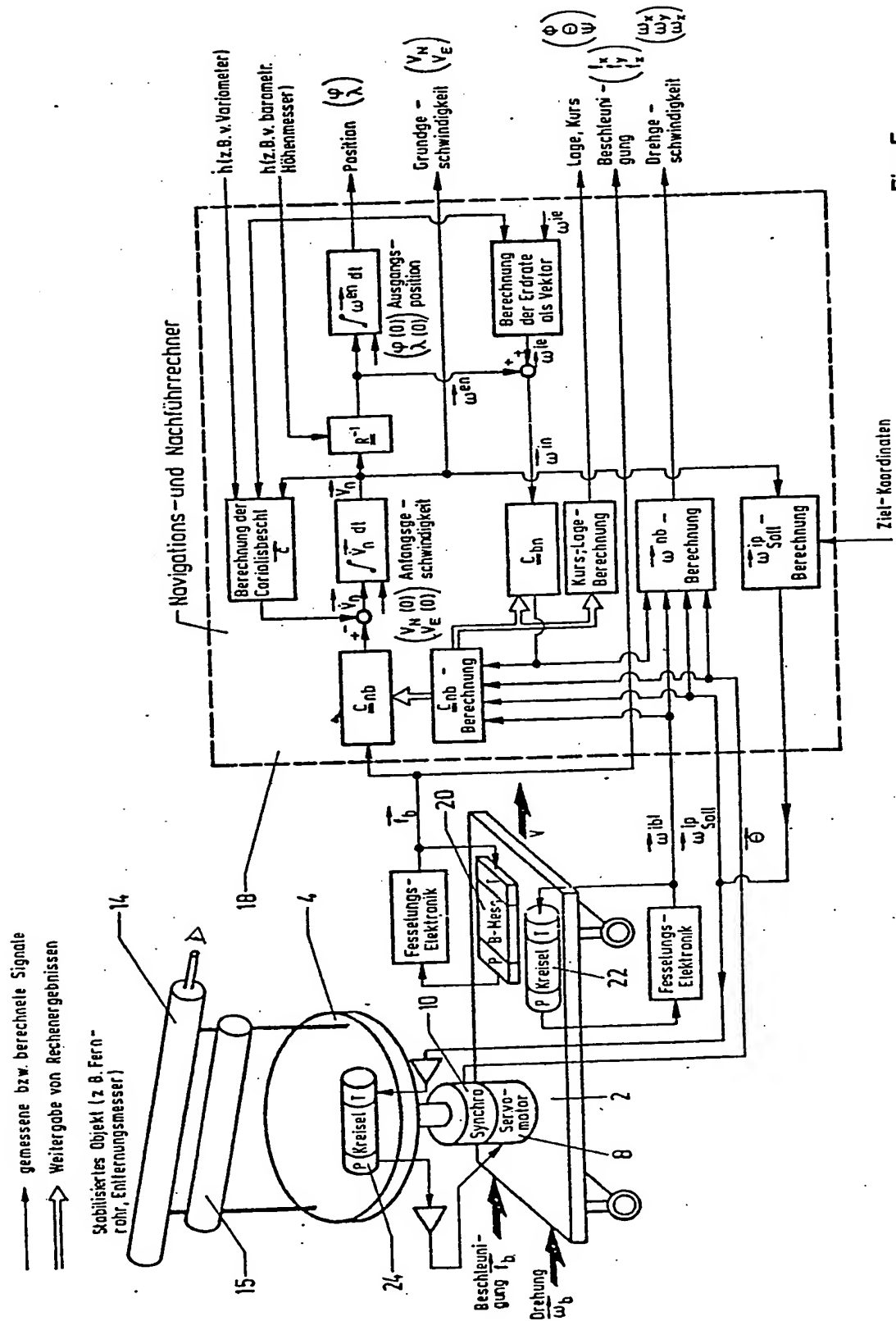


Fig. 3



3019743





3019743

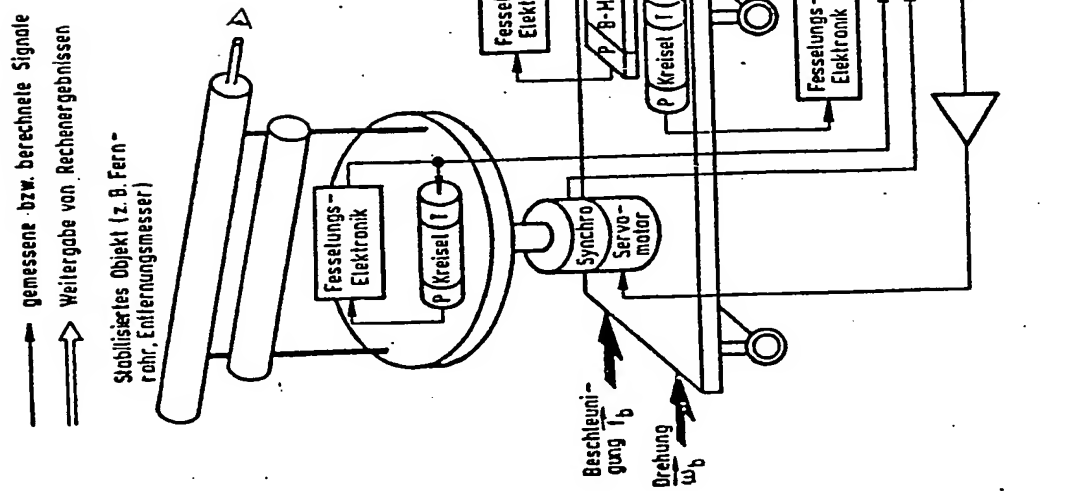


Fig. 6



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**